

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-091445
(43)Date of publication of application : 06.04.2001

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.

G01N 19/04
G01N 3/00

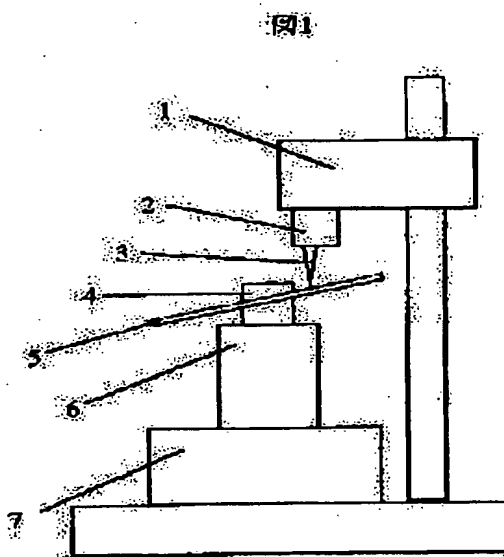
(21)Application number : 11-273789
(22)Date of filing : 28.09.1999

(71)Applicant : HITACHI LTD
(72)Inventor : TANI KOUJI
OGAWA YOKO
SASAKA TORU

(54) SCRATCH STRENGTH TESTING DEVICE AND METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a scratch strength testing device and a method thereof for carrying out a scratch test while continuously varying a load at a high speed.
SOLUTION: This testing device for testing a scratch strength of a thin film is provided with a stage for carrying and fixing a test sample of the thin film, a rotating mechanism precessionally rotating the stage while tilting it, a scratch needle scratching the sample surface, a vertically positioning mechanism deciding the height of the scratch needle, a linear motion mechanism continuously varying the horizontal distance of the scratch needle from the rotation center, a detecting mechanism detecting a frictional force working on the scratch needle, and a mechanism applying a load when the scratch needle scratches the test sample.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Searching PAJ

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-91445

(P2001-91445A)

(43)公開日 平成13年4月6日(2001.4.6)

(51)Int.Cl.

G 0 1 N 19/04
3/00

識別記号

F I

G 0 1 N 19/04
3/00

ナニト(参考)

C 2 G 0 6 1
Q

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平11-273789

(22)出願日

平成11年9月28日(1999.9.28)

(71)出願人

000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者

谷 弘樹

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社

日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者

小川 陽子

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社

日立製作所ストレージシステム事業部内

(74)代理人

100075098

弁理士 作田 廣夫

最終頁に続く

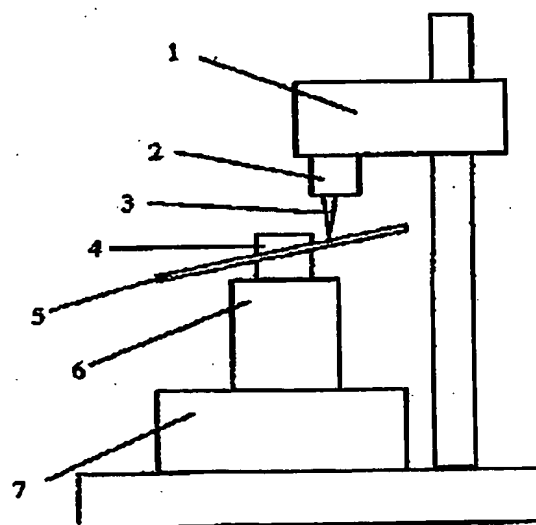
(54)【発明の名称】 スクラッチ強度試験装置および試験方法

(57)【要約】

【課題】高速で連続的に荷重を変化させながらスクラッチ試験を行うことが可能なスクラッチ強度試験装置及び方法を提供する。

【解決手段】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験装置において、薄膜の試験サンプルを搭載・固定するステージと、該ステージを傾斜させた状態で微差回転させる回転機構と、上記サンプル表面を引っ掻くスクラッチ針と、該スクラッチ針の高さを決める垂直方向の位置決め機構と、回転中心からの上記スクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構と、上記スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する機構と、上記スクラッチ針が上記試験サンプルを引っ掻く際の荷重をかける機構とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験装置において、薄膜の試験サンプルを搭載・固定するステージと、該ステージを傾斜させた状態で微差回転させる回転機構と、上記サンプル表面を引っ掻くスクラッチ針と、該スクラッチ針の高さを決める垂直方向の位置決め機構と、回転中心から上記スクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構と、上記スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する機構と、上記スクラッチ針が上記試験サンプルを引っ掻く際の荷重をかける機構とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項2】上記薄膜が円盤形状の磁気ディスク媒体であることを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項3】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験装置において、薄膜の試験サンプルを搭載・固定するステージと、該ステージを傾斜させた状態で100rpm以上の回転数で微差回転させる回転機構と、上記サンプル表面を引っ掻くスクラッチ針と、該スクラッチ針の高さを決める垂直方向の位置決め機構と、回転中心からスクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構と、上記スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する機構と、上記スクラッチ針が試験サンプルを引っ掻く際の荷重をかける機構とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項4】上記薄膜が円盤形状の磁気ディスク媒体であることを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項5】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験装置において、薄膜の試験サンプルを搭載・固定するステージと、該ステージを傾斜角度が回転軸に垂直な面に対して1~10度となるように傾斜させた状態で微差回転させる回転機構と、上記サンプル表面を引っ掻くスクラッチ針と、該スクラッチ針の高さを決める垂直方向の位置決め機構と、回転中心から上記スクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構と、上記スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する機構と、上記スクラッチ針が上記試験サンプルを引っ掻く際の荷重をかける機構とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項6】上記薄膜が円盤形状の磁気ディスク媒体であることを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項7】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験方法において、ステージに薄膜の試験サンプルを搭載・固定する工程と、スクラッチ針に上記試験サンプルを引っ掻くための荷重をかけながら、該スクラッチ針の垂直方向の高さを位置決めし、回転中心から上記スクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させ、かつ上記ステージを傾斜させた状態で微差回転させることにより上記サンプル表面を引っ掻き、上記スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する工程とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験方法。

【請求項8】上記薄膜が円盤形状の磁気ディスク媒体であることを特徴とするスクラッチ強度試験装置。

【請求項9】薄膜のスクラッチ強度を試験する試験方法において、微小傾斜した円盤状ステージに薄膜の試験サンプルを取り付ける工程と、該円盤状ステージを高速で微差回転運動させ、該試験サンプル表面にスクラッチ針を押し当てながら、上記円盤状ステージの内周より外周へ連続的にスクラッチ針を移動させ連続的にスクラッチ荷重を変化させる工程とを有することを特徴とするスクラッチ強度試験方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜のスクラッチ強度試験を行うためのスクラッチ強度試験装置、およびスクラッチ強度試験方法に係り、特に、磁気ディスク媒体を用いたときの真接傷状態に近い高速でのスクラッチ試験を可能にするスクラッチ強度試験装置、およびスクラッチ強度試験方法に関する。

【0002】

【従来の技術】薄膜の密着性、破壊じん性などの試験方法としてスクラッチ試験は一般的に行われている。スクラッチ試験とは、ダイヤモンドなどの硬質の鋭い針を試験する薄膜に押しつけ薄膜と相対運動を行いながら、徐々に荷重を上げていき破壊する荷重、あるいは摩擦力的変化、膜の破壊により発生するAE（アコースティックエミッション）などを測定し、薄膜の強度を調べる試験である。例えば、特開平5-118974、7-270295号各公報にこのようなスクラッチ試験が開示されている。しかし、従来はスクラッチ針の相対運動速度は非常に低速であり、（例えば10mm/s以下）高速でのスクラッチ試験は困難であった。一方、振り子式のスクラッチ試験器として振り子の先にスクラッチ針を取り付け、振り子の落ちる速度で高速でスクラッチ試験を行う試験器も存在するが、振り子の腕の長さが大きくなるため試験器自体が大きくなることなどの問題がある。また、スクラッチ試験中の荷重に対する摩擦力的変化などを測定するためには、随時、振り子の腕の長さ、あるいは針との距離を変化させる必要があり、測定のための条件設定が困難、時間がかかるという問題がある。

【0003】また、特開昭63-65337号公報には薄膜トライボロン試験機として回転ステージタイプのスクラッチ試験機が開示されている。この従来例は、試験サンプルを回転させその表面に垂直な方向よりスクラッチ針をサンプル表面までの距離を制御しつつ垂直直線ステージの移動により押し当て試験を行い、一周の試験が終了した時点で半径方向にスクラッチ針を移動させスクラッチ試験を行うものである。この場合、薄膜サンプル表面までの距離を計測する機構に精度が要求されること、高速回転した場合には回転による振動のため距離計

剥離度が劣化する。また、本従来例のように同心円状にスクラッチ試験を行い基本的には一回転で一回のスクラッチ試験を終了する試験機の場合には、次の問題がある。薄膜の破壊する際の荷重を求めるために、高速でスクラッチ試験を行い、1回だけのスクラッチで針に負荷する荷重を増加させて破壊荷重を求めることは困難である。すなわち、高速であるために短時間で荷重を増加・減少させることが必要で、そのためには、高速でスクラッチ針をサンプル表面に押しつけなければならない。ステージの機構が複雑となるからである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来のスクラッチ試験機における上記問題点を解決するために、高速でスクラッチ試験を行うことが簡便に可能となり、荷重に対しての薄膜の破壊荷重、あるいはスクラッチ速度の依存性を試験可能なスクラッチ強度試験装置、および試験方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記スクラッチ試験機の目的を達成するためには、スクラッチ毎に荷重を徐々に増加して破壊する荷重を求めるのが最適である。その実現方法としては一回の試験として多数回のスクラッチを行い、(1)スクラッチ毎にスクラッチ位置を自動的に変化させること、(2)荷重を自動的に微増させること、(3)スクラッチ速度に連動して高速で荷重を自動的に増加・減少させることを行うことである。

【0006】一方、薄膜の強度、密着性が重要となる試験対象物としては磁気ディスク媒体のような非磁性基板上に、数10nm～数100nmの薄膜磁性膜、保護膜を形成したものが、磁気ディスク媒体の場合には、磁気ヘッドとの接触によりクラッシュしないためには、膜の密着性、強度を知ることが非常に重要である。しかしながら、磁気ディスク媒体の場合には、4000～10000rpm程度の高速で回転しており、磁気ヘッドが接触する際には非常に大きいせん断力が磁気ディスク媒体に作用する。そのため、従来のスクラッチ試験機で行うような低速でのスクラッチ試験とは、薄膜の内部応力の分布が異なると考えられ、実使用状態でのクラッシュに対する膜の強度を示唆するものではない。そのため、高速でのスクラッチ試験の結果と、低速でのスクラッチ試験の結果は、全く異なる結果を示す場合があると考えられる。こうしたことから実際に高速接触での薄膜の強度を知るためには、実稼働状態に近い高速でのスクラッチ試験方法が必要であり、このような試験によって初めて正確な薄膜のスクラッチ強度を評価出来る。このため、本発明の装置は、薄膜試験サンプルを搭載・固定する円盤状のステージと、サンプルを固定したステージを傾斜させた状態で微差回転させる回転機構と、サンプル表面を引っ掻くスクラッチ針と、試験サンプル上においてスクラッチ針の高さを決める垂直方向の位置決め機構と、回転中

心からスクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構と、スクラッチ針にかかる摩擦力を検出する機構と、スクラッチ針が試験サンプルを引っ掻く際の荷重をかける機構を有する装置とした。

【0007】上記スクラッチ試験方法は、上記の構造を備えたスクラッチ試験装置によりスクラッチ試験をおこなうことにより達成される。

【0008】円盤状のサンプル固定ステージは、サンプルを固定し回転するためのものであり、モータによりサンプルステージを傾斜させ微差回転運動させることは、円盤とスクラッチ針が円盤の円弧部分で接触し、高速でスクラッチ試験を行う事を可能とする。この方法によりスクラッチ針は高速でサンプル表面に接触した後、徐々に荷重を増加させ、傾斜の最大点を通過した後除荷される。微差回転数が高速となってもスクラッチ針の荷重変化は回転数に応じて高速になされるため、特殊な荷重制御機構も必要とせず、機構が簡便となる。試験サンプル上においてスクラッチ針とサンプルまでの距離を決める垂直方向の位置決め機構は、スクラッチ針の高さを固定するものである。回転中心からスクラッチ針の水平方向距離を連続的に変化させる直線運動機構は、一度スクラッチ試験を行った部分をさき1回転毎にスクラッチ試験を行うことができる。さらにスクラッチ針の高さは固定されているため、回転中心から外周へ移動するほどスクラッチ針がサンプル表面に深く彫り込もうとするため、スクラッチ荷重を連続的に大きくすることが可能となる。摩擦力の検出機構は回転毎のスクラッチ時の摩擦力を検出し、スクラッチ毎の荷重での摩擦力の測定を行い、薄膜が破壊した場合の摩擦力変化をとらえる。このような機構により回転毎に新たな部分をスクラッチ荷重を連続的に変化させながら高速でスクラッチ試験を行うことが可能となり、スクラッチ破壊荷重を精度よく求めることが可能である。

【0009】このような高速のスクラッチ試験機において実際に数10nm程度の薄膜の強度を測定するためには回転数を大きくすることが必要であり100rpm以上の回転数で微差回転させることが必要である。また低速で回転させた場合には、1回転に時間がかかることから最終的に薄膜が破壊に至るまで長時間必要とする。さらにスクラッチ針が接触する時間も長くなるため摩擦力データの処理量が大きくなる。

【0010】次に高速微差回転させる場合に必要な傾斜角度として、傾斜角度が小さいとスクラッチ針とサンプルの接触距離が長くなるため針の摩擦が大きくなること、接触時間も長くなるためデータ処理量が多くなること、針の荷重増加に時間を要することが問題となり、傾斜角度が大きいと傾斜ステージの振動が大きくなり、精度の良い摩擦力検出ができなくなること、同じ場所をスクラッチしないように回転中心から外周にスクラッチ針を移動させたときの針荷重増加が大きくなり、測定される

荷重対摩接力のデータが断片的となり傾度の良い破壊荷重測定ができないことが問題となる。そのため、現実的な高速スクラッチ試験としては、磁気ディスク媒体の場合、100~1000rpm程度が薄層の破壊荷重の差を出すには好適であり、使用状態の回転数の1/10程度の回転数が必要である。この回転数の場合に傾斜角度としては、前述した問題点を考慮して0度~10度の間であることが好ましい。

【0011】このように回転数、傾斜角度を最適化することで、高速でのスクラッチ試験としては非常に簡便でかつ傾度良い試験を行うことが可能となる。

【0012】この試験装置の測定対象物として好ましいものは薄層でかつ円盤状であり、高速でのスクラッチ試験を必要とする磁気ディスク媒体のような円盤状記録媒体であるが、試験サンプルは必ずしも円盤状である必要はない。例えば、円盤状のステージに四角形のサンプルを取り付けたもの等でも良い。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について述べる。図1にスクラッチ試験装置の概念図を示す。

【0014】1はスクラッチ針の高さ位置決め機構、2はスクラッチ時のスクラッチ針にかかる摩擦力を検出するための力センサ、3はダイヤモンド製スクラッチ針、4はステージを微小に傾斜させてスピンドルモータに取り付けるためのハブ、5はサンプル（スクラッチ試料）を搭載したステージ、6はステージを回転させるスピンドルモータ、7はスクラッチ荷重を変化させるために針を回転中心から外周側方向に移動させるための自動追従移動機構である。傾斜し、取り付けたステージはモータの軸を回転中心にして微細回転運動を行う。

【0015】次に、図1のスクラッチ試験装置の外観図を図2に示す。

【0016】図2に示す番号は図1に示した番号と同じ意味である。

【0017】次に傾斜角度に応じてステージ（円盤）を取り付け回転させた場合の傾斜に対する半径15、20、30、40、50mmのスクラッチ針下の円盤面の高さの変化を図3に示す。

【0018】図3によりスクラッチ試験の方法を示す。スクラッチ針を半径15mm面、傾度180度において、荷重0の状態から接触させ、スピンドルモータを回転させたとする。その後スクラッチ針を徐々に内周より外周へ移動させたとする。このときのように、外周側ではスクラッチ部分の高さは高くなるため、スクラッチ針に大きな力で接触することとなる。このときの力は、スクラッチ針を保持する部分の垂直方向の剛性とスクラッチ部分の高さにより決まってくる。このように円盤を傾斜回転させた状態で、スクラッチ針を内周より外周に移動させることでスクラッチ荷重を連続的に増加させつつ、スクラッチ試験を行うことが可能である。このときの円盤

面上での針の移動とスクラッチする場所を図4に模式的に示す。

【0019】図4でスクラッチ針は円盤回転開始すると試験開始点10より螺旋状に外周側へと移動してゆき、傾斜の高い部分に円弧状のスクラッチ8を付ける。最終的に薄層が破壊する部分9で試験は終了する。

【0020】図5、図6に本発明の高速スクラッチ試験機による測定結果を実施例として、磁気ディスク媒体をスクラッチ試験した結果を示す。磁気ディスク媒体はガラス基板上にシード層、下地層、磁性層、保護膜、潤滑膜の層構成を持つものを用いた。サンプルAはシード層が4CrZr膜40nm、CoCrZr膜10nm、下地層としてCrTi膜25nm、磁性膜としてCo系合金20nm、保護膜としてカーボン膜8nm、潤滑膜として末端官能基に水酸基を持つパーフルオロポリエーテル潤滑剤2nmからなる層構成とした。サンプルBはシード層がCoCrZr膜20nm、AlCr膜5nm、NiCrZr膜20nm、下地層としてCrTi膜25nm、磁性膜としてCo系合金20nm、保護膜としてカーボン膜8nm、潤滑膜として末端官能基に水酸基を持つパーフルオロポリエーテル潤滑剤2nmからなる層構成とした。サンプルAは、Bに比較して塗布耐久性に優れている。この二つのサンプルを薄層スクラッチ試験機として市販されている振動型スクラッチ試験機と図2に示した本発明の高速スクラッチ試験装置で試験した。振動型スクラッチ試験機の試験条件は、振動振幅50ミクロン、周波数30Hz（最大速度 9.4×10^3 m/s）でダイヤモンド針の曲率半径は5ミクロン、傾斜角度は5度とした。

【0021】つぎに第6図に高速スクラッチテストにより測定した結果を示す。この時のサンプルAとサンプルBのスクラッチ時の相対速度は1.1m/s（回転数600rpm）であり、ダイヤモンド針の曲率半径は5ミクロン、傾斜角度は5度、荷重増加のためのステージ送り速度は30ミクロン/秒である。

【0022】図5からはサンプルA,Bの破壊する時の荷重の差はほとんど判らない。これに対し、図6の測定結果からは、スクラッチ荷重を連続的に増加してゆくとそれに伴って摩擦力は増加して、ある荷重に達したときに膜の破壊を示す摩擦力変化が観察される。摩擦力の変化する荷重を破壊荷重とすると、サンプルAとBで破壊荷重が異なっていることが明らかに確認できた。すなわち、本発明の試験機によれば従来のスクラッチ試験機では確認できない差を明確にすることができる。また、従来の回転式スクラッチ試験機では、このように連続的に荷重を変化させつつ膜の破壊する過程を観察することは不可能と考えられていたが、本発明では可能となった。このように本発明では、スクラッチ速度を大きくすることで低速でのスクラッチ試験に比較して数10nmレベルの薄層膜層であっても、スクラッチ試験が可能であり、膜の強度差を評価することが可能である。

【0023】図7に図6のサンプルAのスクラッチ試験後

(5)

の膜の破壊した部分の形状を測定結果を示す。

【0024】図7に示したようにスクラッチ痕は円弧状の破壊形状であり、スクラッチのスタート点、終了点は幅が小さく中心部で幅が大きくなっており、スクラッチ荷重の増加・減少に対応していることがわかる。このことから傾斜回転ステージと自動連続移動ステージを併用することで高速でのスクラッチ試験が可能であることが示された。

【0025】さらにスクラッチ速度を大きくすることで従来の低速で行われていたスクラッチ試験と測定結果がどう変化するかを図8に示す。図8にサンプルBについて、ダイヤモンド針の先端半径5ミクロン、傾斜角度5度、荷重100mN、ステージの送り速度30ミクロン/秒にてスクラッチ速度(ステージの回転数)を変化させた場合の測定結果を示す。

【0026】それにより、回転速度 90.56m/s (300rpm)、1.1m/s (600rpm)、1.1m/s (1000rpm) の場合を示している。速度が上がるにつれて、破壊荷重は増加していく。図5に示した従来のスクラッチ試験機による測定結果は、そのスクラッチ速度が本速度 9.4×10^{-1} m/s と比べて遅いことから、スクラッチが金と異なる薄膜内の応力状態に至った時に破壊するまで待っている。図9は、スクラッチ速度が、図5に示したサンプルA,Bについての破壊荷重をかけたものであるが、速度0.1m/s (回転数60rpm) でサンプルA,Bが破損していることから、スクラッチ速度が、図5に示した従来のディスクのような積層膜の場合、速度をきわめて精度良く測定できるという。

【0027】このように、図5に示した高速にて傾斜回転しながら自動直進移動ステージを自動的に荷重を変化させることで従来の傾斜回転ステージのスクラッチ試験を行うことが可能となる。

【0028】傾斜角度、ステージの送り速度について、その最適角度について図9に示す。傾斜角度は傾斜角5度での試験結果が最も優れている。傾斜角の理由により1度以上10度以下が最適である。従来の高速スクラッチ試験機には適用できない。

【0029】このように、図5に示した高速にて傾斜回転しながら自動直進移動ステージを自動的に荷重を変化させることで従来の傾斜回転ステージのスクラッチ試験を行うことが可能となる。

うことが可能となる。また円盤状の記録媒体に対してこのスクラッチ試験を行うことで記録媒体の薄膜の耐スクラッチ強度を判定することが可能となる。

【0030】

【発明の効果】微小傾斜してモータに取り付けた円盤上の薄膜を高速で微差回転運動させ円盤表面にスクラッチ針を押し当て内周より外周へ連続的にスクラッチ針を移動させることで連続的にスクラッチ荷重が変化するため、実稼働状態に近い高速でのスクラッチ試験が可能となり、薄膜の破壊限界荷重を試験できる。

【0031】本発明により高速での連続スクラッチ試験が可能となり、試験精度、及び実使用状態に近いスクラッチ強度の試験が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスクラッチ強度試験装置の概略図。

【図2】本発明のスクラッチ強度試験装置の外観図。

【図3】本発明の装置による円盤の傾斜角度に対するスクラッチ針下の円盤面の高さの変化を示す図。

【図4】本発明の装置、方法によりスクラッチする場所を示す模式図。

【図5】従来の振動型スクラッチ試験機による測定結果を示す図。

【図6】本発明のスクラッチ強度試験装置、方法による測定結果を示す図。

【図7】本発明の装置、方法を用いて得られたスクラッチ部分の形状を示す図。

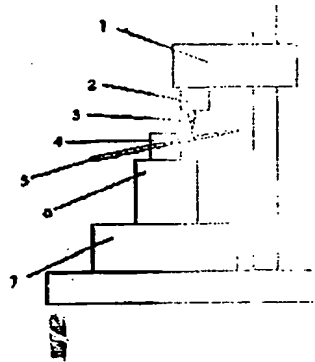
【図8】本発明の装置、方法でスクラッチ速度を変化させたときの測定結果を示す図。

【図9】本発明の装置、方法によるスクラッチ速度での破壊荷重変化を示す図。

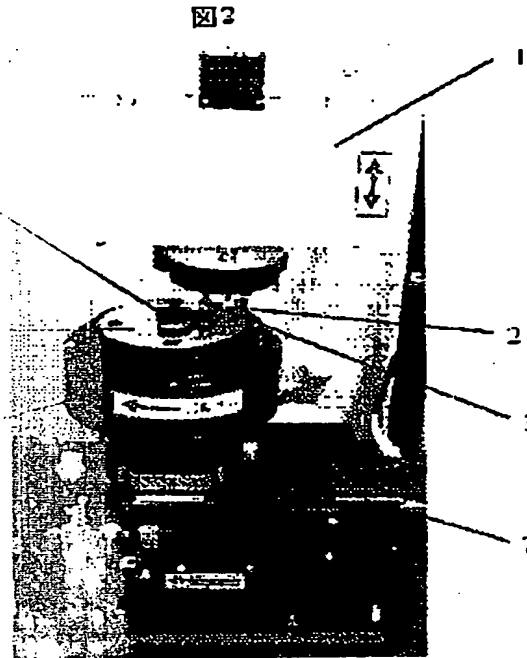
【符号の説明】

1…スクラッチ針の上下動機構、2…スクラッチ時のスクラッチ針にかかる摩擦力を検出するための力センサ、3…スクラッチ針、4…ステージを微小傾斜させてスピンドルモータに取り付けるためのハブ、5…サンプル(スクラッチ試料)を搭載したステージ、6…ステージを回転させるスピンドルモータ、7…自動連続移動機構、8…スクラッチ、9…最終的に薄膜が破壊する部分、10…試験開始点。

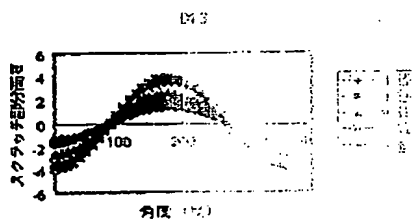
【図1】



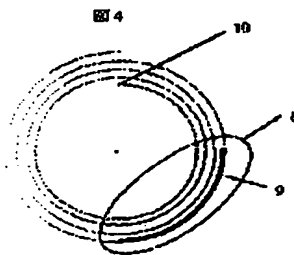
【図2】



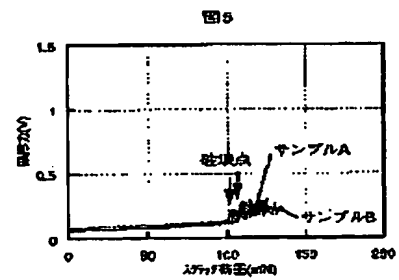
【図3】



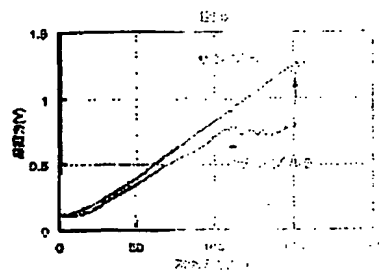
【図4】



【図5】

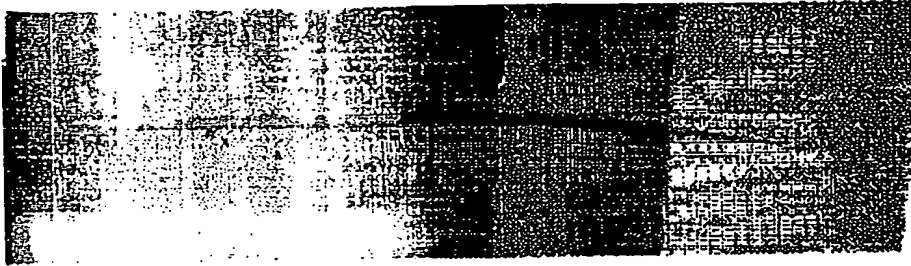


【図6】



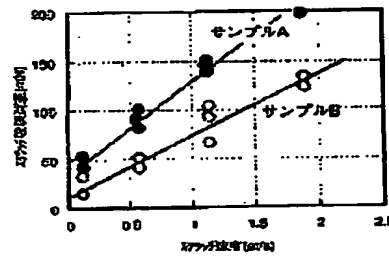
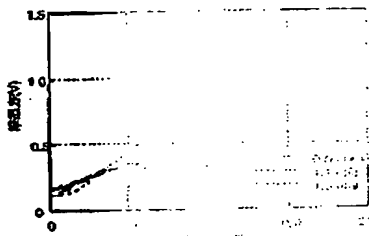
【図7】

図7



【図9】

図9



フロントページ

(72)発明者 菅
社
往

F ターム(参考) 2G051 BA01 CB16 CB18 DA01 EA10

株式会社
内部